

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09087839 A**(43) Date of publication of application: **31 . 03 . 97**

(51) Int. Cl.

**C23C 14/35**  
**C23C 14/34**  
**H01L 21/203**  
**H01L 21/3065**

(21) Application number: **07306332**(22) Date of filing: **22 . 09 . 95**(71) Applicant: **SEMICONDUCTOR ENERGY LAB  
CO LTD**

(72) Inventor: **YAMAZAKI SHUNPEI  
 FUKADA TAKESHI  
 SUZAWA HIDEOMI**

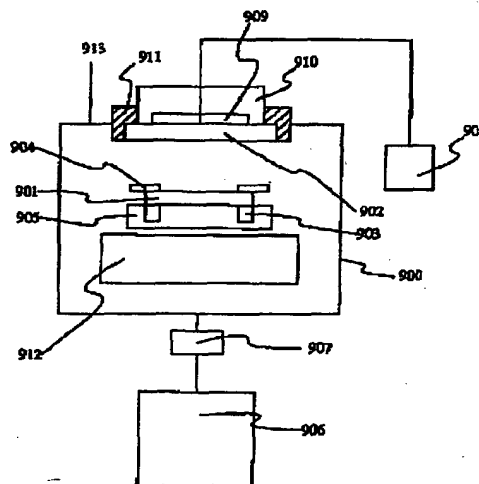
(54) **METHOD AND APPARATUS FOR THIN FILM  
FORMATION**

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To reduce the damage due to positive ions by forming a thin film while generating a loop magnetic field in the plane parallel to a thin film formation plane.

**SOLUTION:** A reaction chamber 900 is evacuated with a vacuum pump 906. A substrate 901 is arranged in a manner to be opposed to a target 902. A reflected magnetic field generator 912 is disposed in the direction on the rear side of the substrate 901. A thin film is produced while generating a closed loop magnetic field in the same direction as the magnetic field generated by the ions proceeding to the thin film formation plane of the substrate 901 by the reflected magnetic field generator 912 in the plane nearly parallel to the thin film formation plane. At this time, the north poles and south poles of permanent magnets are alternately fixed into a loop-like state on the nearly identical plane in the reflected magnetic field generator. By this method, sputtering yield in the course of initial sputtering film formation is reduced, and damage can be decreased.



(19) 日本国特許庁 (J P)

# (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-87839

(43) 公開日 平成9年(1997)3月31日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C23C 14/35			C23C 14/35	E
14/34			14/34	J
				U
				L
H01L 21/203			H01L 21/203	S
審査請求 未請求 請求項の数26 書面 (全17頁) 最終頁に続く				

(21) 出願番号 特願平7-306332

(22) 出願日 平成7年(1995)9月22日

(71) 出願人 000153878

株式会社半導体エネルギー研究所  
神奈川県厚木市長谷398番地

(72) 発明者 山崎 舜平

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半  
導体エネルギー研究所内

(72) 発明者 深田 武

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半  
導体エネルギー研究所内

(72) 発明者 須沢 英臣

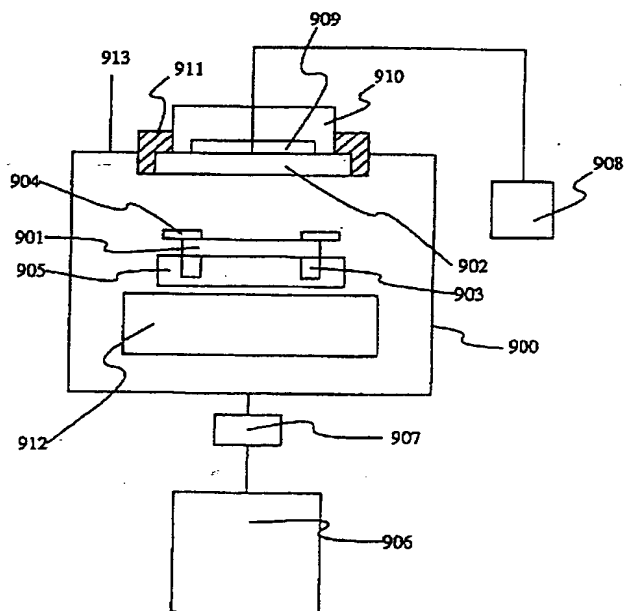
神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半  
導体エネルギー研究所内

(54) 【発明の名称】 薄膜作製方法及び薄膜作製装置

(57) 【要約】

【目的】 スパッタ成膜中に発生する多くのイオンや高エネルギーの中性分子原子による、被膜形成面へのダメージを低減させることを目的とする。

【構成】 基板の裏側に反射磁界発生装置を備えることでイオンのダメージを低減し、成膜初期のスパッタ収量を小さくすることで中性分子・原子の衝突によるダメージを低減させる、スパッタ方法及びスパッタ装置。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】スパッタ法によって、基板に薄膜を作製する方法において、

ターゲットに対向している前記基板は薄膜を作製する面の裏側方向に反射磁界発生装置を備え、

該反射磁界発生装置により、前記薄膜を作製する面に向かってくるイオンのつくり出す磁界と同じ向きの閉じられたループ磁界を前記薄膜を作製する面とほぼ平行な面で発生させながら、薄膜を作製することを特徴とする薄膜作製方法。

【請求項 2】スパッタ法によって、基板に薄膜を作製する方法において、

ターゲットに対向している前記基板は薄膜を作製する面の裏側方向に、反射磁界発生装置を備え、

該反射磁界発生装置により前記薄膜を作製する面に到達するイオンを減少させるような閉じられたループ磁界を前記薄膜を作製する面とほぼ平行な面で発生させながら薄膜を作製することを特徴とする薄膜作製方法。

【請求項 3】請求項 1～2 において、前記反射磁界発生装置には、永久磁石の N 極と S 極が交互にループ状にほぼ同一平面に並んで固定されており、前記ループ状にほぼ沿うような磁界のみが発生するように、磁気シールドを前記ループ状に沿わない磁界を遮断するように設けてあることを特徴とする薄膜作製方法。

【請求項 4】請求項 3 において、前記永久磁石として、希土類コバルト、Alnico 5、タングステン鋼、炭素鋼、KS 鋼、OP 磁石、Ferroxdure 2、のいずれかを用いることを特徴とする薄膜作製方法。

【請求項 5】請求項 3 において、前記永久磁石として、U 字磁石あるいは棒磁石を用いることを特徴とする薄膜作製方法。

【請求項 6】請求項 3 において、前記磁気シールドの高さが前記永久磁石の高さより高いことを特徴とする薄膜作製方法。

【請求項 7】請求項 1～2 において、前記反射磁界発生装置において、コイルをほぼ閉じられたループを形成するように巻き、前記コイルに電流を流すことにより、前記ループ状にほぼ沿うような磁界を発生させることを特徴とする薄膜作製方法。

【請求項 8】請求項 1～2 において、前記反射磁界発生装置において、基板の薄膜を作製する面とほぼ垂直な方向に電流を流すことにより、閉じられたループ磁界を前記基板を作製する面とほぼ平行に発生させることを特徴とする薄膜作製方法。

【請求項 9】請求項 1～2 において、前記反射磁界発生装置において、基板の薄膜を作製する面とほぼ平行な 1 組の平面電極の間で直流放電をさせることにより、閉じられたループ磁界を前記基板を作製する面とほぼ平行に発生させることを特徴とする薄膜作製方法。

【請求項 10】スパッタ法によって、基板に薄膜を成膜

する方法において、

成膜の初期とその後とを比較して、スパッタ収量を初期の方を小さくして成膜することを特徴とする薄膜作製方法。

【請求項 11】トップゲート型薄膜トランジスタの作製工程において、

ゲート絶縁膜上にゲート電極をスパッタ法によって成膜する場合に、成膜の初期とその後とを比較して、初期の段階のスパッタ収量のほうが小さくなるように成膜することを特徴とする薄膜作製方法。

【請求項 12】請求項 10～11 において、カソード投入電力を一定にした状態で、成膜の初期とその後とを比較して、初期の段階のカソード電圧のほうが小さくなるようにして、スパッタ収量を制御する特徴とする薄膜作製方法。

【請求項 13】請求項 10～11 において、カソード投入電力を、成膜の初期とその後とを比較して、初期の段階のカソード電圧が小さくなるようにして、スパッタ収量を制御することを特徴とする薄膜作製方法。

【請求項 14】請求項 10～11 において、スパッタ収量が小さくなるように成膜する初期の段階は、成膜された薄膜の膜厚が 100～1000 Å の範囲であることを特徴とする薄膜作製方法。

【請求項 15】薄膜作製用スパッタ装置において、被膜成膜用基板を所定の場所に設置した状態で、該基板からみてターゲットの反対側に反射磁界発生装置を備えていることを特徴とする薄膜作製装置。

【請求項 16】薄膜作製用スパッタ装置において、被膜成膜用基板を所定の場所に設置した状態で、該基板からみてターゲットの反対側にヒータを備え、該ヒータからみて前記ターゲットの反対側に反射磁界発生装置を備えていることを特徴とする薄膜作製装置。

【請求項 17】請求項 16 において、前記ヒータと前記反射磁界発生装置の間に、前記ヒータからの熱を低減させるための熱遮蔽装置を前記ヒータと反射磁界発生装置の間に備えたことを特徴とする薄膜作製装置。

【請求項 18】請求項 15～16 において、前記被膜成膜用基板を移動する移動手段を備え、前記反射磁界発生装置は前記被膜成膜用基板と連動して、移動されることを特徴とする薄膜作製装置。

【請求項 19】請求項 18 において、前記移動手段は減圧側と大気圧側にて磁気シールドによって接続され、前記反射磁界発生装置と前記磁気シールドの間に磁気シールドを設けてあることを特徴とする薄膜作製装置。

【請求項 20】請求項 15～16 において、前記反射磁界発生装置において、永久磁石の N 極と S 極が交互にループ状にほぼ同一平面に並んで固定されており、前記ループ状にほぼ沿うような磁界のみが発生するように、磁気シールドを前記ループ状に沿わない磁界を遮断するように設けてあることを特徴とする薄膜作製装置。

【請求項 2 1】請求項 2 0 において、前記永久磁石として、希土類コバルト、Alnico 5、タングステン鋼、炭素鋼、KS 鋼、OP 磁石、Ferroxdure 2、のいずれかを用いることを特徴とする薄膜作製装置。

【請求項 2 2】請求項 2 0 において、前記永久磁石として、U 字磁石あるいは棒磁石を用いることを特徴とする薄膜作製装置。

【請求項 2 3】請求項 2 0 において、前記磁気シールドの高さが前記永久磁石の高さより高いことを特徴とする 10 薄膜作製装置。

【請求項 2 4】請求項 1 5、1 6 において、前記反射磁界発生装置において、コイルをほぼ閉じられたループを形成するように巻き、前記コイルに電流を流すことによって前記ループ状にほぼ沿うような磁界を発生させることを特徴とする薄膜作製装置。

【請求項 2 5】請求項 1 5、1 6 において、前記反射磁界発生装置において、基板の薄膜を作製する面とほぼ垂直な方向に電流を流すことで、閉じられたループ磁界を前記基板を作製する面とほぼ平行に発生させることを特 20 徴とする薄膜作製装置。

【請求項 2 6】請求項 1 5、1 6 において、前記反射磁界発生装置において、基板の薄膜を作製する面とほぼ平行な 1 組の平面電極の間で直流放電をさせることで、閉じられたループ磁界を前記基板を作製する面とほぼ平行に発生させることを特徴とする薄膜作製装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【産業上の利用分野】減圧状態で、スパッタリング現象を利用して薄膜作製を行う分野において、特にイオンによる被成膜面のスパッタダメージと初期スパッタでのダメージを減少させる薄膜作製方法およびその薄膜作製装置に関する。 30

【0 0 0 2】

【従来の技術】スパッタリング現象を利用する薄膜作製方法としては、ターゲットに直流電圧を印加する DC スパッタリング法、ターゲットに交流電圧を印加する RF スパッタリング法があり、また、主に不活性ガスによるスパッタ以外に、他のガスも添加しながらスパッタリングを行い、ターゲット材料とその添加ガスとの反応を利用する反応性スパッタリングや、ターゲットのスパッタ効率を向上させるために磁場によってスパッタをするイオンをエロージョン領域に閉じ込めてスパッタを行うマグネトロンスパッタリングなどがある。無論、それぞれを組み合わせたスパッタ方法、たとえば RF マグネトロ 40 ン反応スパッタリング法などもある。

【0 0 0 3】スパッタリング現象を利用した薄膜作製方法は、半導体分野で特によく利用されている。半導体分野の中でも、結晶シリコンを利用した半導体分野以外にも、最近では絶縁性表面に薄膜半導体を形成することで 50

完成する薄膜トランジスタ、いわゆる TFT の分野や、液晶ディスプレイの透明電極を形成する分野など、幅広い分野で利用されている。

【0 0 0 4】スパッタリング現象を利用した成膜方法（以下スパッタ法という）では、ターゲットに電界によって加速させたアルゴンイオンなどを衝突させ、それによって、ターゲットから材料の分子原子が飛び出し、ターゲットに対向して離間している基板の表面にその原子分子が到達し、そこで膜を形成する。

【0 0 0 5】

【発明が解決しようとする課題】スパッタリングによって飛び出したターゲット材料の原子や分子は、アルゴンなどをイオン化するためのプラズマ空間を通過した後に基板へ到達する。例えば、アルゴンの平均自由行程は、絶対温度 2 9 3 K で、圧力 1 P a のときに約 6 . 8 mm である。スパッタ時の圧力は大体 0 . 1 P a 程度であるので、平均自由行程は温度がある程度高いとしても 1 0 c m 以下である。また、アルゴン以外であっても平均自由行程は大きくは変わらない。そのために、ターゲットから飛び出した原子や分子も、プラズマ空間を通過するときにその何割かは、イオン化されてしまう。イオン化されたターゲット材料から飛び出した原子や分子と、アルゴンイオンの何割かは、被膜形成面に達する。そのイオンによるダメージが、特に半導体や薄膜半導体を形成するうえで、大きな問題を引き起こす。

【0 0 0 6】半導体分野では、絶縁膜上に金属配線を行い、その上にさらに絶縁膜を形成してその絶縁膜を平坦化して、さらに金属配線を行う多層配線技術が行われている。その金属配線用の金属膜の成膜にスパッタ法が用いられている。金属配線の下には、絶縁膜があり、被膜形成面まで達したイオン化されたターゲット材料から飛び出した原子や分子と、アルゴンイオンとはその電荷を絶縁膜上で急激に放電して、いわゆる静電破壊に似た現象を引き起こす。

【0 0 0 7】また、薄膜半導体装置を形成する場合には、基板自体が絶縁性が高いために、結晶半導体の場合よりも問題は深刻である。薄膜半導体を利用した薄膜半導体装置のうちでも、結晶半導体の MOS トランジスタに似ている薄膜トランジスタいわゆる TFT の中でも、トップゲート型のトランジスタの場合には、チャネルを形成する薄膜半導体層、ゲート絶縁膜を形成する絶縁層をそれぞれ形成したのちに、最後にゲート電極としての金属層を形成する。その最後の金属層を形成するにはスパッタ法を用いることが多い。そのために、被膜形成面まで達したイオン化されたターゲット材料から飛び出した原子や分子と、アルゴンイオンはゲート絶縁膜の静電破壊にとどまらず、基板自体が絶縁体であるがゆえに、基板上のあらゆるところでのイオンダメージを引き起こしやすい。

【0 0 0 8】被膜形成面まで達したイオン化されたター

ゲット材料から飛び出した原子や分子と、アルゴンイオンのダメージの他に、イオン化していない中性のターゲット材料から飛び出した原子や分子の中でも問題になるものがある。スパッタ収量の計算によると、例えばアルゴンイオン1個を300 eVでアルミニウムのターゲットに衝突させた場合、1.24アルミニウム原子が飛び出すことになる。スパッタによる成膜速度を上昇させて生産性を向上させようとする、このスパッタ収量をできるだけ大きくする必要がある。

【0009】スパッタ収量を大きくするためには、ターゲットに印加する電力を大きくする必要がある。ターゲットに印加する電圧を高くすると、ターゲットをスパッタするアルゴンイオンの加速は大きくなり、必然的に大きなエネルギーでターゲットをスパッタするために、それによって飛び出すターゲット材料の原子や分子も大きなエネルギーをもって飛び出し、イオン化されないとしても大きなエネルギーをもったまま被膜形成面に衝突する。

【0010】イオンが被膜形成面に衝突した場合には、そのイオンの持つ電荷によるイオンダメージが強いが、中性で大きなエネルギーをもったターゲット材料から飛び出した原子や分子は、被膜形成面の下の膜中にある深さで侵入してしてしまう。それによって、例えば、トップゲート型のTFTのゲート電極材料をスパッタ法によって形成する場合などは、その電極材料がゲート絶縁膜中に侵入してしまうことすら発生する。TFTを液晶に利用する場合などは、画素を制御するためのスイッチとしてのTFTなどは100万個程度あるが、ゲート絶縁膜中に金属材料がバラバラに侵入してしまうと、しきい値がずれ、信頼性にも大きな悪影響をおよぼしてしまう。ましてや、TFTを利用してドライバ回路やアンブなどを形成する場合は、しきい値がずれることは致命的である。

【0011】本発明の目的は、上述の問題点を解消して、半導体分野において、スパッタ法によって成膜を行う場合に、その被膜形成面ならびにその下側の膜の状況、あるいは、基板の材質によって、スパッタ法で発生するスパッタガスのイオンや、ターゲット材料から飛び出した原子や分子のイオン化したものによるイオンダメージを減少すること、さらに、イオン化されてはいないが大きなエネルギーを持って、被膜形成面に到達する中性のターゲット材料から飛び出した原子や分子による衝突ダメージを減少することにある。即ち、イオンによるダメージと、高エネルギーの中性原子分子によるダメージとを減少することが可能な薄膜作製方法と、それを実現するための薄膜作製装置を提供することを課題とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明の構成の一つは、スパッタ法によって、基板

に薄膜を作製する方法において、ターゲットに対向している前記基板には薄膜を作製する面の裏側方向に、反射磁界発生装置を備え、該反射磁界発生装置により、前記薄膜を作製する面に向かってくるイオンのつくり出す磁界と同じ向きの閉じられたループ磁界を前記薄膜を作製する面とほぼ平行な面で発生させながら、薄膜を作製することを特徴とする薄膜作製方法である。

【0013】本発明の他の構成は、スパッタ法によって、基板に薄膜を作製する方法において、ターゲットに対向している前記基板には薄膜を作製する面の裏側方向に、反射磁界発生装置を備え、該反射磁界発生装置により、前記薄膜を作製する面に到達するイオンを減少させるような閉じられたループ磁界を前記薄膜を作製する面とほぼ平行な面で発生させながら、薄膜を作製することを特徴とする薄膜作製方法である。

【0014】本発明の他の構成は、上記薄膜作製方法において、前記反射磁界発生装置には、永久磁石のN極とS極が交互にループ状にほぼ同一平面に並んで固定され、前記ループ状にほぼ沿うような磁界のみが発生するように、磁気シールドを前記ループ状に沿わない磁界を遮断するように設けてあることを特徴とする薄膜作製方法である。

【0015】本発明の他の構成は、上記薄膜作製方法において、永久磁石として、希土類コバルト、Alnico 5、タングステン鋼、炭素鋼、KS鋼、OP磁石、Ferroxdure 2、のいずれかをを用いることを特徴とする薄膜作製方法である。

【0016】本発明の他の構成は、上記薄膜作製方法において、永久磁石として、U字磁石あるいは棒磁石を用いることを特徴とする薄膜作製方法である。

【0017】本発明の他の構成は、上記薄膜作製方法において、前記磁気シールドの高さが前記永久磁石の高さより高いことを特徴とする薄膜作製方法である。

【0018】本発明の他の構成は、上記薄膜作製方法において、前記反射磁界発生装置において、コイルをほぼ閉じられたループを形成するように巻き、前記コイルに電流を流すことにより、前記ループ状にほぼ沿うような磁界を発生させることを特徴とする薄膜作製方法である。

【0019】本発明の他の構成としては、上記薄膜作製方法において、前記反射磁界発生装置において、基板の薄膜を作製する面とほぼ垂直な方向に電流を流すことにより、閉じられたループ磁界を前記基板を作製する面とほぼ平行に発生させることを特徴とする薄膜作製方法。

【0020】本発明の他の構成としては、上記薄膜作製方法において、反射磁界発生装置において、基板の薄膜を作製する面とほぼ平行な1組の平面電極の間で直流放電をさせることにより、閉じられたループ磁界を前記基板を作製する面とほぼ平行に発生させることを特徴とした薄膜作製方法である。

【0021】本発明の他の構成は、スパッタ法によって、基板に薄膜を成膜する方法において、成膜の初期とその後とを比較して、初期の段階のスパッタ収量のほうが小さくなるように成膜することを特徴とする薄膜作製方法。

【0022】本発明の他の構成は、トップゲート型薄膜トランジスタの作製工程において、ゲート絶縁膜上にゲート電極をスパッタ法によって成膜する場合に、成膜の初期とその後とを比較して、初期の段階でのスパッタ収量のほうが小さくなるように成膜することを特徴とする薄膜作製方法。

【0023】本発明の他の構成は、前記薄膜作製方法において、カソード投入電力を一定にした状態で、成膜の初期とその後とを比較して、初期の段階のカソード電圧のほうが小さくなるように、スパッタ収量の制御を行うことを特徴とする薄膜作製方法。

【0024】本発明の他の構成は、前記薄膜作製方法において、カソード投入電力を、成膜の初期がその後と比較して、初期の段階のほうが小さくなるように、スパッタ収量の制御を行うことを特徴とする薄膜作製方法。

【0025】本発明の他の構成は、前記薄膜作製方法において、スパッタ収量が小さくなるように成膜する初期の段階は、成膜された薄膜の膜厚が100～1000Åの範囲であることを特徴とする薄膜作製方法。

【0026】本発明の他の構成は、薄膜作製用スパッタ装置において、被膜成膜用基板を所定の場所に設置した状態で、該基板からみてターゲットと反対側に反射磁界発生装置を備えていることを特徴とする薄膜作製装置である。

【0027】本発明の他の構成は、薄膜作製用スパッタ装置において、被膜成膜用基板を所定の場所に設置した状態で、該基板からみてターゲットと反対側にヒータを備え、該ヒータからみて前記ターゲットと反対側に反射磁界発生装置を備えていることを特徴とした薄膜作製装置である。

【0028】本発明の他の構成は、上記薄膜作製装置において、ヒータと反射磁界発生装置の間に、前記ヒータからの熱を低減させるための熱遮蔽装置を前記ヒータと反射磁界発生装置の間に備えてあることを特徴とする薄膜作製装置である。

【0029】本発明の他の構成は、前記薄膜作製装置において、前記被膜成膜用基板を移動する移動手段を備え、前記反射磁界発生装置は前記被膜成膜用基板と連動して、移動されることを特徴とする薄膜作製装置。

【0030】本発明の他の構成は、前記薄膜作製装置において、前記移動手段は減圧側と大気圧側に磁気シールによって接続され、前記反射磁界発生装置と前記磁気シールの間に磁気シールドを設けてあることを特徴とする薄膜作製装置。

【0031】本発明の他の構成は、上記薄膜作製装置に

において、反射磁界発生装置において、永久磁石のN極とS極が交互にループ状にほぼ同一平面に並んで固定されており、前記ループ状にほぼ沿うような磁界のみが発生するように磁気シールドを前記ループ状に沿わない磁界を遮断するように設けてあることを特徴とする薄膜作製装置である。

【0032】本発明の他の構成は、上記薄膜作製装置において、永久磁石として、希土類コバルト、Alnico 5、タングステン鋼、炭素鋼、KS鋼、OP磁石、Ferrordure 2、のいずれかを用いることを特徴とする薄膜作製装置である。

【0033】本発明の他の構成は、上記薄膜作製装置において、永久磁石として、U字磁石あるいは棒磁石を用いることを特徴とする薄膜作製装置である。

【0034】本発明の他の構成は、上記薄膜作製装置において、磁気シールドの高さが永久磁石の高さより高いことを特徴とする薄膜作製装置である。

【0035】本発明の他の構成は、上記薄膜作製装置において、反射磁界発生装置において、コイルをほぼ閉じられたループを形成するように巻き、前記コイルに電流を流すことによって前記ループ状にほぼ沿うような磁界を発生させることを特徴とした薄膜作製装置である。

【0036】本発明の他の構成としては、上記薄膜作製装置において、反射磁界発生装置において、基板の薄膜を作製する面とほぼ垂直な方向に電流を流すことで閉じられたループ磁界を、前記基板を作製する面とほぼ平行に発生させることを特徴とする薄膜作製装置である。

【0037】本発明の他の構成は、上記薄膜作製装置において、反射磁界発生装置において、基板の薄膜を作製する面とほぼ平行な1組の平面電極の間に直流放電をさせることで閉じられたループ磁界を、前記基板を作製する面とほぼ平行に発生させることを特徴とした薄膜作製装置である。

【0038】

【作用】スパッタの際に、正イオンまたは負イオンが基板に衝突する場合、例えば正イオンが基板に衝突する場合に、その進行方向に対して時計方向の回転での磁界が発生する（いわゆる電磁気学でいう右ネジの法則）。その様子を、図1(A)に示す。基板101に進行している正イオン102は、進行方向103に対して、右ネジが進む場合の回転方向（基板に向かって時計方向）に移動電荷による磁界（ここではイオン磁界104と呼ぶ）ができる。正イオン102はイオン磁界104を発生させながら進行方向103に進み、基板101に衝突して、イオンダメージを与える。なお、負イオンの場合は、イオン磁界104の向きが逆になり、左ネジが進む場合の回転方向になる。

【0039】そこで、本発明は、イオンが基板に衝突することを防止する、あるいは衝突するイオンの数を削減しようとするものである。本発明の概略の原理を図1

(B)に示す。基板111に進行している正イオン112は、基板111向かって時計回りの方向にイオン磁界114を発生させながら進行する。その時に、基板の被形成面に沿ってイオン磁界114と同じ向きの反射磁界115があると、正イオン112は基板111の近傍にて磁界の反作用によって、基板111から遠ざかる向きに力を受けて、進行方向を反対方向113に変えてしまう。このため、正イオン112が基板111に達することがなくなる。或いは、基板111に到達する正イオン112の数を減じることができる。従って、反射磁界115を被形成面に向かって時計回りの方向に常に発生させておくことで、正イオン112によるダメージを減少させることができる。正イオン112が、負イオンであれば、磁界の向きは全て逆になる。

【0040】被形成面に衝突してくるイオンに対して、例えば正イオンが作る誘導磁場が、進行方向に対して時計回りの方向の閉じられたループ磁界を発生させていることから、同じ時計回りの閉じられたループ磁界を発生させることによって、正イオンの被形成面への衝突を回避するものである。半導体分野では、基板はSiやGaAsなどであり、薄膜半導体分野では石英やソーダガラス、ホウケイ酸ガラスなどであり、いずれも被磁性体であるので、反射磁界としての閉じられたループ磁界は、被形成面の反対側に発生させることが可能である。負イオンに対しても同様である。

【0041】図2に正イオンのダメージを減少させるための反射磁界の様子をもう少し分かりやすく示してある。図2(A)は、スパッタ法による成膜装置の中の、ターゲット202と被膜形成面側204をターゲット202に向けて配置してある基板201と、基板201の被膜形成面側204と反対側に反射磁界領域203がある断面図である。

【0042】この基板201を被膜形成面204側から見た平面図のうち、基板として、ウエハ211を配置したものが図2(B)であり、基板として、矩形のガラス基板221を配置したものが図2(C)である。反射磁界領域203において、図2(B)に示すように、被膜形成面側204からみると、ウエハ211に対して時計の針の進む向きと同じ、いわゆる時計方向に、閉じられた円周状の磁界213が発生されている。同様に、図2(C)に示すように、閉じられた円周状の磁界223がガラス基板211を被膜形成面側204からみて時計方向に発生されている。なお、図2(B)、図2(C)において、矢印の向きが磁界213、223の方向を示している。反射磁界領域203では、円周状の磁界213、223の様な形でなくとも、正イオンがつくり出す時計方向の磁界と同じ向きの磁界であれば原理的に同等であり、例えば図2(D)には、被膜形成面側204から、見たときにガラス基板231を配置してある平面図であるが、反射磁界としては閉じられたループ状で角状

の磁界233でもよく、角状の磁界223の中の矢印が磁界の向きを示している。

【0043】つまり、正イオンが基板の被膜形成面に向かって動くときに発生する閉じられたループ磁界と同じ向きの反射磁界を被膜形成面近傍にて発生させて、正イオンをその磁界の反作用によって弾くようにすることで、被膜形成面での正イオンダメージを減少させることができる。負イオンによるダメージであれば、全て磁界の向きのみが逆になるだけで同様である。

【0044】閉じられたループ磁界の発生のさせ方としては、図3に永久磁石を用いた場合を示す。図3は、被膜形成面側から見た場合の図になっているため、反射磁界としての閉じられたループ磁界は、時計方向になるように発生させなくてはならない。

【0045】図3(A)は、正イオンによるダメージを低減させるための例を示し、永久磁石を4個用いた場合の例である。4つのU字磁石301a~301dはそれぞれセンター300を中心にして90度の回転角度をなして対称的に配置されている。また、U字磁石301a~301dはそれぞれセンター300みたときに右側にN極、左側にS極がくるように配置されている。更に、U字磁石301a~301dのN極とS極の間には、それらのN極とS極の先端よりもセンター300の方向に突出するように、それぞれ磁気シールド302a~302dが配置されている。

【0046】U字磁石301aをセンター300から見た図を図3(B)に示す。U字磁石301aの高さXより、磁気シールド302aの高さYの方を大きくしている。これは、U字磁石301aのN極とS極の間での磁界をできるだけ遮断したいためである。あるいは、図3(C)に示すように、磁気シールド302AのようにU字磁石301aのN極とS極の上部、下部も覆うようにすると、より理想的である。

【0047】図3(A)に示すように、U字磁石301a~301dにおいて、それぞれの磁石のN極とS極の間での磁力線はほとんどなく、U字磁石301aのS極とU字磁石301bのN極の間で、磁力線304ができ、磁界の向きはU字磁石301bのN極からU字磁石301aのS極に向かって発生する。同様にU字磁石301cのN極からU字磁石301bのS極に向かって発生し、U字磁石301dのN極からU字磁石301cのS極に向かって発生し、U字磁石301aのN極からU字磁石301dのS極に向かって発生する。

【0048】すると、図3(A)のセンター300の回りに磁力線303が発生する。この磁力線303は時計回りで閉じているために、反射磁界としていわゆる閉じられたループ磁界として作用する。図3(A)で示したセンター300の上に基板を置いて、スパッタ法によって成膜した場合に、基板に衝突する正イオンを減少させることが可能であり、被膜形成面の正イオンのダメージ

をも低減できる。

【0049】U字磁石301a~301dとしては、強い磁界が必要な場合は、SmCo<sub>5</sub>などの希土類コバルト磁石や、8Al, 14Ni, 23Co, 3Cuなどの成分からできるAlnico5や0.7C, 0.3Cr, 6W, 0.3Mnなどの成分からできるタングステン鋼を用いるとよい。また、それ程大きな磁界が必要で無い場合は、0.9~1C, 1Mnなど成分からできる炭素鋼や、0.9C, 35Co, 3~6Cr, 4Wなどの成分からできるKS鋼や、Co<sub>0.75</sub>Fe<sub>2.25</sub>O<sub>4</sub>などのOP磁石や、BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>などのFerroxdure2などを用いた永久磁石を用いると良い。

【0050】或いは、U字磁石301a~301dは永久磁石でなく、同様の電磁石でもよい。また4個を円周状に並べたが、別段円周状である必要はなく、最終的にセンター300の回りに閉じた時計方向回りに磁力線ができ、反射磁界をいわゆる閉じられたループ磁界としてなせばよい。負イオンによるダメージを低減させるためには、全て磁界の向きを逆にする。つまりN極とS極を反転させたものにすれば良い。

【0051】図3に示したような、配置の仕方ではなく、もっと単純な永久磁石を用いて、反射磁界を発生させる手段を図4に示す。図4(A)は、図3(A)に対応しているが、被膜形成面側から見た場合の正イオンダメージを低減させるための図になっているため、反射磁界としての閉じられたループ磁界は、時計方向になるように発生させなくてはならない。磁気シールド402a、402b、402cが円周状に壁をなしておりその中に、多数の永久磁石401が、1種類は磁気シールド402aと402bの間の領域403に配置され、他の種類としては、磁気シールド402bと402cの間の領域404に配置されている。この図では領域403、404の2つであるが、1つでも良くまた、3つ以上でも無論よい。

【0052】それぞれの各永久磁石401は、センター400からその個別の永久磁石401をみたときに右側がN極、左側がS極になるように配置されている。すると永久磁石401は、磁気シールド402a、402b、402cで挟まれている中で主に、磁力線を発生させ磁気シールドを隔てた磁力線の発生をできるだけ抑えており、N極からS極へと丁度時計の針の進行方向と同じ向きの磁力線になる。また、図4(A)の中の、X-X'断面を図4(B)に示し、Y-Y'断面を図4

(C)に示している。図4(B)を見るとわかるように、領域403に永久磁石401があるときは、領域404には永久磁石401がない。逆に図4(C)を見ると、領域404に永久磁石401がある時は、領域403には永久磁石401はない。

【0053】上記のように、永久磁石401の配置は、

領域403と領域404で交互に配置するようにした方がよい。ただし、交互に配置しなくとも、本発明の効果は十分にでる。また、図4(B)と図4(C)をみると明かなように、永久磁石401の高さXよりも、磁気シールド402a、402b、402cの高さYの方が高くすることで、閉じられたループ磁界以外の磁界の発生を減少させている。領域403と404の中で、永久磁石401を介しながらそれぞれ閉じられたループ磁界を発生させている。また、負イオンのダメージを低減させるためには永久磁石401のN極とS極を逆にする。

【0054】図5は、図4に示したものを、四角形状にたねらべたものであり、四角い基板などに対応しやすい。また、図6に示すようにコイル601をドーナツ状にして、電流602を流すと閉じられたループ磁界603を発生させることができる。このコイルの場合は、磁界の大きさを自在に変化させることができるために利点が多い。図6は、正イオンのダメージを低減させるようにしてあるが、負イオンのダメージを低減させるためには、電池604のプラスとマイナスを換えることで対応できる。図には示していないが、コイル601の内側円周状と外側円周状に磁気シールドを設けた方がよいが、コイル状の電流を流した場合、ほぼループに沿うような磁界しかできないために、なくとも十分である。

【0055】また、いままでのものは静磁場、静磁界を発生させていたが、図7に示すように鉄心700にコイル701a、701b、702a、702b、703a、703b、を巻付け、コイル701a、701bを交流電源A704に接続し、コイル702a、702bを交流電源B705に接続し、コイル703a、703bを交流電源C706に接続する。交流電源A~C704~706は、それぞれ位相だけが異なる電源になっている。それぞれの位相差は丁度120°になっている。それによって、閉じられたループ磁界が発生する。

【0056】磁石を使って反射磁界としての閉じられたループ磁界を発生させる以外に、図8(A)、図8

(B)に示すような方法もある。この図は負イオンのダメージを低減させる図を示している。図8(A)は、基板801の被膜形成面側802の反対側に、反射磁界を発生させるようにしたものの断面図であり、下電極803と上電極804とは多数の導電線805で接続され、下電極803は直流電源806のプラス側に接続され、上電極804は抵抗807を通して接地されている。直流電源806の電圧を変化させるか、抵抗807の抵抗値を変化させることで、多数の導電線805を流れる電流値を制御する。多数の導電線805の1本1本には矢印の方向に電流がながれるために、導電線805のまわりには、電流がながれる向きに右ネジが進む方向に、反射磁界としての閉じられたループ磁界が発生する。

【0057】基板801に向かってくる、負イオンがつ



くり出す閉じられたループ磁界と丁度同じ向きとなり、その負イオンの基板への衝突を減少させることが出来る。しかも、この場合は、多数の導電線 8 0 5 を流れる電流値を制御することで、反射磁界としての閉じられたループ磁界の強さを制御できるために、幅広い条件にまで対応可能である。正イオンに対しては、直流電源 8 0 6 のプラスとマイナスを逆にすればよい。

【0058】図 8 (B) には、基板 8 1 1 の被膜形成面側 8 1 2 の反対側に、反射磁界を発生させるようにしたものの断面図であり、下電極 8 1 3 と上電極 8 1 4 の間で直流のプラズマ放電 8 1 5 が発生される。下電極 8 1 3 は直流電源 8 1 6 のプラス側に接続され、上電極 8 1 4 は抵抗 8 1 7 を通して接地されている。直流電源 8 1 6 の電圧を変化させるか、抵抗 8 1 7 の抵抗値を変化させることで、直流のプラズマ放電 8 1 5 によって発生するイオン電流を制御する。直流放電であるために、正のイオンは、下電極 8 1 3 から上電極 8 1 4 へ向かって移動するために、丁度、基板 8 0 1 に向かってくる負イオンと逆向きの方向になるため、下電極 8 1 3 から上電極 8 1 4 へ向かって移動する正イオンによって発生する反射磁界としての閉じられたループ磁界が発生する。

【0059】直流プラズマ放電 8 1 5 によって流れる電流を、直流電源 8 1 6 の電圧を変化させるあるいは、抵抗 8 1 7 の抵抗値を変化させることで、反射磁界としての閉じられたループ磁界の強さを制御できる。図 8

(A)、図 8 (B) のどちらの場合も、上電極 8 0 4、8 1 4 と下電極 8 0 3、8 1 3 の材質は非磁性体を用いなくてはならず、例えば、ステンレススチールの非磁性体である、SUS 304 や SUS 316 などや、アルミニウムやアルミニウム合金などがある。正イオンに対しては、直流電源 8 1 6 のプラスマイナスを逆転させればよい。

【0060】図 9 は本発明を用いた場合の、DC マグネトロンスパッタ装置の、断面図である。反応室 9 0 0 の中に、基板 9 0 1、ターゲット 9 0 2 が図のように配置されている。基板 9 0 1 は、プッシャー 9 0 3 によって、ホルダー 9 0 4 に押しつけられて固定されている。基板 9 0 1 の下側には、基板加熱用のヒータ 9 0 5 があり、プッシャー 9 0 3 はこのヒータ 9 0 5 の中にある。反応室 9 0 0 は、スパッタガス 9 1 3 が導入され、真空ポンプ 9 0 6 と制御弁 9 0 7 によって、所望の圧力に制御できる。

【0061】ターゲット 9 0 2 には直流電源 9 0 8 のマイナス側に接続され、ターゲット 9 0 2 の裏側には、マグネトロンスパッタを行うためのマグネットシステム 9 0 9 と、ターゲット 9 0 2 を冷却するための冷却装置 9 1 0 とが設けられている。ターゲット 9 0 2 は、反応室 9 0 0 とはインシュレータ 9 1 1 によって電氣的に絶縁されている。

【0062】ヒータ 9 0 5 の下には、反射磁界発生装置

9 1 2 が設置してある。ターゲット 9 0 2 は、スパッタガス 9 1 3 が導入されて、スパッタ圧力になると、直流電源 9 0 8 によって負の電圧が印加され、マグネットシステム 9 0 9 によって、エロージョン領域に閉じ込められた正イオンにより、ターゲット 9 0 2 はスパッタリングされる。スパッタされて、ターゲット 9 0 2 から飛び出したターゲット材料の原子分子は、基板 9 0 1 の表面に達して堆積する。

【0063】基板 9 0 1 上での成膜の均一性をとるために、基板 9 0 1 を自回転、スイング、遊星回転などの移動をさせながら成膜させてもよい。エロージョン領域に閉じ込められているはずの正イオンの何割かは、マグネットシステム 9 0 9 の磁界では閉じ込めきれずに、基板 9 0 1 に向かって飛んでくる。そのとき基板 9 0 1 に右ネジが進行するときのネジの回転方向に磁界を発生しながら、正イオンが飛んでくる。このため、エロージョン領域から脱出した正イオンを基板 9 0 1 に達しないようにするために、逆向きの閉じられたループ磁界を反射磁界発生装置 9 1 2 によって発生させている。エロージョン領域に閉じ込められていて、基板 9 0 1 に向かってくるものが負イオンの場合は、左ネジが進行するときのネジの回転方向に磁界を発生させながら飛んでくる。

【0064】反射磁界発生装置 9 1 2 を永久磁石を用いて作製する場合は、その永久磁石のキュリー温度を超えないような、熱輻射の遮蔽を反射磁界発生装置 9 1 2 かあるいはヒータ 9 0 5 に設けること必要である。

【0065】スパッタによる被膜形成面がダメージを受けるのは、正イオンあるいは負イオンのみではなく、高エネルギーで基板に衝突してくる中性のターゲットからスパッタによって飛び出した原子分子によってもダメージを受ける。スパッタなどの成膜装置は、それを産業上にて利用するためには、生産性を向上させるために、膜質を悪化させない範囲での成膜速度の増加が要求される。

【0066】スパッタリングガスのイオンによるターゲットのスパッタに対する指標 1 つのとして、スパッタ収量がある。例えば、1 個のアルゴンイオンを 600 eV のエネルギーで A1 のターゲットに衝突させた際に、

1. 24 個の A1 原子が飛び出す場合をスパッタ収量

1. 24 atoms/ion とするものである。ちなみに

に、アルゴンイオンを 600 eV のエネルギーで Si のターゲットに衝突させた場合には、スパッタ収量は 0.

53 atoms/ion となる。

【0067】スパッタを行う場合に、ターゲットに印加する電力は、カソード電圧とカソード電流の積で表されるが、同じ電力 10 W/cm<sup>2</sup> を投入した場合でも、カソード電圧が 500 V、カソード電流が 0.02 A/cm<sup>2</sup> の場合と、カソード電圧が 400 V、カソード電流が 0.025 A/cm<sup>2</sup> の場合では、異なるスパッタ収量での成膜を行っていることになる。無論、カソード電

圧が 500V の方がスパッタ収量が大きい。

【0068】しかしながら、カソード電流が大きい方がターゲットをスパッタするイオンの数が多いことになるので、結果的に成膜速度に大きな差はない。まったく差が無いわけではなく、投入電力が同じであればスパッタ収量の大きい条件の方が成膜速度は若干大きくなる。このため、本発明では、投入電力を変更せずに、成膜の初期の段階ではできるだけカソード電圧を下げて、カソード電流を上げるようにし、下地に中性原子分子の影響が現れない程度、具体的には 100~500Å の厚さに成膜した後に、カソード電圧を上昇させるようにする。

【0069】スパッタによる高エネルギーの中性原子分子の影響が、非常に敏感な非形成面を持つ場合は、当初の 100~500Å 程度は、カソードへの投入電力そのものを小さくし、できるだけカソード電圧を下げ、カソード電流を上げるようにし、下地に中性原子分子の影響が現れないまで成膜する。その後、投入電力を大きくして、カソード電圧を上昇させるればよい。このような方法をとることは、被膜形成面が敏感である面に成膜する場合に有効である。

【0070】

【実施例】

【実施例 1】本発明を用いたスパッタ成膜装置の実施例を、図 9 に示す。反応室 900 は、減圧可能であり、減圧は真空ポンプ 906 によって行う。真空ポンプ 906 としては、クライオポンプ、ターボ分子ポンプ、複合ターボ分子ポンプ、油拡散ポンプ、水銀拡散ポンプなどが使用でき、到達圧力として、 $10^{-3}$  Pa 以下までの到達真空度の能力が必要となる。特に、水の成分を嫌う、アルミニウムなどをスパッタによって成膜する場合は、水に対しての排気速度の大きなクライオポンプなどはクリーンで使いやすい。また、クライオポンプなどの溜め込み式のポンプでは連続使用をした場合に、ポンプの再生による装置の停止時間が多くなるため、ターボ分子ポンプあるいは複合ターボ分子ポンプなどが利便である。

【0071】スパッタガス 913 が反応室 900 に接続されているが、反応性スパッタを行うような場合は、このスパッタガス 913 以外に、反応用のガスを別に導入する必要があり、しかも、その導入方法には、工夫が必要となる。本実施例では、反応性スパッタは行わないので、単純にスパッタリング用のガスを接続してある。スパッタガス 913 としては、アルゴン、クリプトン、キセノンなどの不活性ガスのうち原子半径が大きいものが使われるが、ガスの価格等を考えた場合は、通常アルゴンガスが用いられる。本実施例でもアルゴンガスを用いている。

【0072】反応室 900 の上方にインシュレータ 911 によって、ターゲット 902 は反応室 900 と電気的に分離され、かつ反応室 900 内の真空度を悪くしないように設置されている。ターゲット 902 の裏側には、

マグネトロンスパッタリングを行うためのマグネットシステム 909 が配置してある。しかし、ターゲット 902 が磁性材料の場合は、マグネトロンスパッタを行うことができない。ターゲット 902 が、アルミニウムや、クロム、チタン、銀、ITO などの非磁性体の場合のみ、マグネットシステム 909 を利用したマグネトロンスパッタを行うことができる。

【0073】ターゲット 902 は直流電源 908 のマイナス極に接続されているため、カソード（陰極）とも呼ばれる。スパッタガス 913 がイオン化されて、その正イオンがターゲット 902 に衝突してスパッタが行われる。ターゲット 902 は、大きいカソード電流が流れるために、加熱されるので、それを冷却するための冷却装置 910 がある。冷却装置 910 は通常は水冷による冷却方式を用いるが、マグネットシステム 909 をも同時に冷却する場合は、その冷却水の中の磁性体成分が付きマグネットシステム 909 の特性を変化させないように、フィルターによって冷却水中のパーティクルなどを除去して用いなくてはならない。

【0074】ターゲット 902 の冷却も非常に重要であり、ターゲット 902 の温度に変化をきたすと、成膜された膜の特性をも変化させてしまう。従って、ターゲット 902 の温度を一定にするようにしなくてはならない。そのためには、熱容量の大きな冷却源にターゲット 902 を接触させることが必要であり、本発明人の実験によると、1 分間に 6 リットル以上の水温 30℃ 以下である冷却水によってターゲット 902 を冷却する良好であった。

【0075】ターゲット 902 自体を直接冷却出来ない場合は、銅などの熱伝導率の高い材料によりバックングプレートを作製して、ターゲット 902 をバックングプレートに貼り付けたものを用いて、冷却水によってバックングプレートを冷却してもよい。

【0076】基板 901 は、ブッシャー 903 によって、ホルダー 904 に押しつけられる方式によって固定される。基板 901 を固定する方法もいくらかもあるが、ブッシャー 903 を利用する装置は、枚葉式の装置の形態として最も使いやすいものである。本実施例でも用いた。

【0077】基板 901 の下側にブッシャー 903 を内蔵する形でヒータ 905 が配置されている。ヒータ 905 はランプ加熱方式、抵抗加熱方式などがあるが、そのヒータ 905 の下側に、反射磁界発生装置 912 があるため、この反射磁界発生装置 912 の中に永久磁石を用いる場合は、ヒータ 905 の輻射熱によって該永久磁石のキュリー温度を超えないような工夫が必要となる。

【0078】また、ヒータ 905 の構成材料に磁性体を用いた場合は、その材料が反射磁界発生装置 912 で発生した反射磁界に対して磁気シールドになり、その磁性体材料を用いた回りでの本発明の効果を落としてしまう

可能性があるため、できるだけ磁性体材料を用いない構成をヒータ 905 に用いなくてはならない。本実施例では、Cr 材料を主として用いた抵抗加熱の熱源でヒータ 905 を構成し、熱源と反射磁界発生装置 912 の間には、熱遮蔽を施した。熱遮蔽としては、その装置での加熱温度によって異なるが、基板 901 を 200℃ 程度以下で加熱する場合は、非磁性体のステンレススチールなどを電界研磨をしたものを使用することで、熱遮蔽は十分行うことが出来る。また、300℃ 程度以上の場合

は、非磁性体のステンレススチールや、アルミ等で水冷室を設けることで熱遮蔽することが出来る。無論双方を用いることで一層の熱遮蔽を行うことができる。

【0079】図 9 は反射磁界発生装置 912 の断面を表している。基板 901 から反射磁界発生装置 912 を見たときの平面図としては、図 4 および図 5 に示すような永久磁石を用いたものを使用した。本実施例では、矩形基板対応の装置であるために、図 5 に示すような反射磁界発生装置 912 を使用したが、基板がウェハなどのように丸形の場合は図 4 に示すような装置の方がよい。

【0080】なお、図 5 は、図 9 中のターゲットから反射磁界発生装置 912 を見たときの平面図であって、図 5 の永久磁石 501 を多数に磁気シールド 502a と磁気シールド 502b とで挟まれた領域 503 と、磁気シールド 502b と磁気シールド 502c とで挟まれた領域 504 に配置してある。配置の仕方は、センター 500 から各永久磁石 501 をみたときに左側が S 極、右側が N 極となるように配置されている。これは本実施例では、アルゴンイオンなどの正イオンによる基板へのダメージを前提としているためである。負イオンによるダメージを前提とした場合は、N 極と S 極は逆になる。

【0081】すると磁力線は、図 5 で時計の針の進行方向とは同じ反時計方向に向かって矢印 505 の向きになり、磁界もその方向を向く。永久磁石 501 としては強い磁界が必要な場合は、SmCo<sub>5</sub> などの希土類コバルト磁石や、8Al, 14Ni, 23Co, 3Cu などの成分からできる Alnico5 や 0.7C, 0.3Cr, 6W, 0.3Mn などの成分からできるタングステン鋼を用いるとよい。また、それ程大きな磁界が必要で無い場合は、0.9~1C, 1Mn など成分からできる炭素鋼や、0.9C, 35Co, 3~6Cr, 4W などの成分からできる KS 鋼や、Co<sub>75</sub>Fe<sub>25</sub>O<sub>4</sub> などの OP 磁石や、BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> などの Ferrroxdure 2 などを用いると良い。

【0082】本実施例では、希土類コバルト磁石として SmCo<sub>5</sub>。いわゆるサマコバを永久磁石 501 として用いた。領域 503 には、6 個のサマコバを配置し、領域 504 には、14 個のサマコバを配置した。磁気シールド 502a, 502b, 502c としては、ニッケル合金を用いた。サマコバの定着方法としては、硬めのシリコン樹脂等を用いて全体を封止する方法を用いた。

【0083】図 9 の反射磁界発生装置 912 でサマコバの永久磁石を用いた装置で、基板 901 の直上の磁界を測定したところ、最大 5000 Oe (エルステッド) であった。磁界を弱くしたい場合は、使用する磁石の材質を変化させるか、反射磁界発生装置 912 と基板 901 の距離を離間することなどで調整すればよい。

【0084】実際に本発明を用いた本装置によって成膜を行った。ターゲット 902 として、Al に Sc が 0.18 wt % が添加されたものを使用して、カソード電圧 500 V、カソード電流 0.02 A/cm<sup>2</sup> にて成膜した。基板 901 の中心に 1 cm<sup>2</sup> の電流ディテクターを装着して、反射磁界発生装置 912 が有る場合と無い場合で基板に正イオンが到達しているか否かを測定した。ディテクタは基板 901 より約 1 mm 浮いているところでの測定にしたが、これは、金属をスパッタにて成膜するために、ディテクターの面積を変化させないためである。

【0085】反射磁界発生装置 912 を装着しない場合は、10 分間の成膜中でのディテクターに計測された電流値は、0.1~0.5 mA で、平均 0.15 mA であった。ディテクターの面積が 1 cm<sup>2</sup> であるので、これは平均 0.15 mA/cm<sup>2</sup> ということと同じになる。反射磁界発生装置 912 を装着した場合は、10 分間の成膜中でのディテクターに計測された電流値は、0.02~0.1 mA で、平均 0.05 mA であった。本実施例では、正イオンの衝突数を約 1/3 に低減することができたことになる。ディテクターの電流値の絶対値は、ターゲット 902 と基板 901 の距離や、スパッタ圧力、カソード電圧、カソード電流などの諸条件でことなることは言うまでもない。

【0086】〔実施例 2〕図 11 に、本実施例を用いた 3 ターゲット式スパッタ装置の例を示す。図 11 (A) は、装置の断面図であり、図 11 (B) は図 11 (A) を上方からみたときのそれぞれの位置関係をしめすための平面図であり、成膜室の内部を簡単に示したもので、真空室 1100 の中にはターゲット A1102a、ターゲット B1102b、ターゲット C1102c の 3 つのターゲットを備え、基板 1101 は、上方に設置されている。

【0087】成膜面が下である、いわゆるフェースダウンになっている。基板 1101 は、基板止め 1104 によって固定されている。基板 1101 の上には、反射磁界発生装置 1103 があり、基板 1101 と反射磁界発生装置 1103 は、基板回転装置 1105 によって回転される。それによって、成膜の均一性を高めるようになっている。

【0088】簡単のために図中には、カソード電源、真空ポンプ、スパッタガスなどは図示していないが、勿論備えている。基板加熱のためのヒータは、本実施例では、加熱成膜を行わないために備えていないが、基板加

熱をする場合は備える必要があるが、反射磁界発生装置 1103 の中に永久磁石を用いる場合は、ヒータの輻射熱によって該永久磁石のキュリー温度を超えないような工夫が必要となる。

【0089】また、基板回転装置 1105 は、高真空を保ちながら基板を回転させるためには、通常液体磁性材料による磁気シールを用いる場合が多いので、反射磁界発生装置 1103 と磁気シールとの間には、磁気シールドを設けなくては成らない場合もある。反射磁界発生装置 1103 と磁気シールの距離が十分離れている場合

や、反射磁界発生装置 1103 の磁界の大きさが、磁気シールからみると無視できる程度であれば、そのような磁気シールドは必要ない。

【0090】反射磁界発生装置 1103 をターゲット側からみた図を、図 4 (A) に示す。本実施例では、アルゴンイオンなどの正イオンによる基板へのダメージを前提としている。図 4 に示す反射磁界発生装置 1103 としては、永久磁石 401 を多数に磁気シールド 402a と磁気シールド 402b で挟まれた領域 403 と、磁気シールド 402b と磁気シールド 402c で挟まれた領域 404 に配置してある。配置の仕方は、センター 400 から各永久磁石 401 をみたときに左側が S 極、右側が N 極となるように配置されている。仮に負イオンによるダメージを前提とする場合は、永久磁石 401 の N 極と S 極を逆にすることで対応できる。

【0091】すると磁力線は、図 4 で時計の針の進行方向と同じ反時計方向に向かった矢印の向きになり、磁界もその方向を向く。永久磁石 401 としては強い磁界が必要な場合は、SmCo<sub>5</sub> などの希土類コバルト磁石や、8Al, 14Ni, 23Co, 3Cu などの成分からできる Alnico5 や 0.7C, 0.3Cr, 6W, 0.3Mn などの成分からできるタングステン鋼を用いるとよい。また、それ程大きな磁界が必要で無い場合は、0.9~1C, 1Mn など成分からできる炭素鋼や、0.9C, 35Co, 3~6Cr, 4W などの成分からできる KS 鋼や、Co<sub>0.75</sub>Fe<sub>2.25</sub>O<sub>4</sub> などの OP 磁石や、BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> などの Ferroxdure 2 などを用いると良い。

【0092】本実施例では、0.9C, 35Co, 5Cr, 4W の成分比率である KS 鋼を永久磁石 401 として用いた。領域 403 には、6 個のサマコバを配置し、領域 404 にも、6 個のサマコバを配置した。磁気シールド 402a, 402b, 402c としては、鉄を用いた。KS 鋼の定着方法としては、アルミ金属の削りだしに KS 鋼をはめ込む方法を用いて全体を封止する方法を用いた。

【0093】図 11 の反射磁界発生装置 1103 に、KS 鋼の永久磁石を用いた装置で、基板 1101 の直上での磁界を測定したところ、最大 210 Oe (エルステッド) であった。磁界を変化させたい場合は、使用する

磁石の材質を変化させるか、反射磁界発生装置 1103 と基板 1101 の距離を変えることなどで調整すればよい。

【0094】実際に本発明を用いた本装置によって成膜を行った。ターゲット 1102a として、Al に Sc が 0.18wt% が添加されたものを使用し、ターゲット 1102b として、Ti をしようし、ターゲット 1102c として、Al に Si が 0.2wt% が添加されたものを用いて、ターゲット 1102b にのみカソード電圧 500V、カソード電流 0.02A/cm<sup>2</sup> にて成膜した。基板 1101 の中心に 1cm<sup>2</sup> の電流ディテクターを装着して、反射磁界発生装置 1103 が有る場合と無い場合で基板に正イオンが到達しているか否かを測定した。ディテクターは基板 1101 より約 1mm 浮いているところでの測定にしたが、これは、金属をスパッタにて成膜するために、ディテクターの面積を変化させないためである。

【0095】反射磁界発生装置 1103 を装着しない場合は、10 分間の成膜中でのディテクターに計測された電流値は、0.05~0.13mA で、平均 0.072mA であった。ディテクターの面積が 1cm<sup>2</sup> であるので、これは平均 0.072mA/cm<sup>2</sup> という同じことになる。反射磁界発生装置 1103 を装着した場合は、10 分間の成膜中でのディテクターに計測された電流値は、0.02~0.05mA で、平均 0.034mA であった。本実施例では、正イオンの衝突数を約 1/2 に低減することができたことになる。ディテクターの電流値の絶対値は、ターゲット 1102b と基板 1101 の距離や、スパッタ圧力、カソード電圧、カソード電流などの諸条件でことなることは言うまでもない。

【0096】反射磁界発生装置 1103 を装着しても、ディテクターに計測された電流が反射磁界発生装置 1103 が無い場合の 1/2 程度である理由としては、ターゲット 1102b と基板 1101 の位置関係にも原因がある。ターゲット 1102b の中心と基板の中心が同一垂線上にないために、反射磁界発生装置 1103 で発生した反射磁界成分は、正イオンの衝突する運動の垂直成分にしか働かないことにも起因している。しかしながら、このようにターゲット 1102b の中心と基板の中心が同一垂線上にない場合でも本発明の効果が現れることが分かる。

【0097】〔実施例 3〕図 10 に本発明を用いたスパッタ方法を用いて作製した多結晶シリコン TFT の断面工程を示す。石英や、ソーダガラス、ホウケイ酸ガラスなどの可視光にたいして透明な絶縁性の高い基板 1001 の上に、下地膜 1002 を成膜して、その上にアモルファスシリコンを成膜して、TFT の領域にパターンニングしてアイランド 1003 が完成して図 10 (A) の状態を得る。

【0098】基板 1001 としては、本実施例では石英

基板を用いた。また、下地膜 1002 としては、酸化珪素膜、窒化珪素膜などの絶縁膜を単層あるいは多層にて成膜するが、成膜方法としては、スパッタ法、プラズマ CVD 法、減圧熱 CVD 法などを用いて 500~3000 Å、典型的には 2000 Å を成膜する。

【0099】アイランド 1003 を形成するためのアモルファスシリコンの成膜方法としては、プラズマ CVD 法や減圧熱 CVD 法などを用いて 100~2000 Å、典型的には 700~1200 Å を成膜する。成膜されたアモルファスシリコンをフォトリソグラフィの技術と、ドライまたはウェットエッチングによってアイランド 1003 の形にパターニングする。本実施例では、フッ酸：硝酸=1：400 の容積比で混合したエッチャントによって、ウェットエッチングにてパターニングしたが、CF<sub>4</sub> と O<sub>2</sub> の混合ガスなどを用いたドライエッチングによってパターニングしてもよい。

【0100】次に、アイランド 1003 をアモルファスシリコンから、多結晶シリコンに変えるために、加熱して固相成長させるが、その前に脱水素工程を行う。アモルファスシリコン中の水素を抜いておかないと、加熱したときに、アモルファスシリコン中から水素が急激に抜け出し、場合によっては穴が開くなどの現象をおこす。これを防止するために、350~500℃、典型的には 450℃ にて 3 時間、窒素雰囲気の中で、脱水素工程を行う。

【0101】その後、アイランド 1003 が形成された基板 1001 を、500~850℃ で 4~48 時間で窒素中にて加熱することにより、アイランド 1003 はアモルファスシリコンから多結晶シリコンへ固相成長する。本実施例では、基板 1001 に石英を用いたために 850℃ 4 時間の固相成長をさせたが、基板 1001 が、例えばコーニング社の 7059 ガラスのようなホウケイ酸ガラスなどの場合は、600℃、12 時間程度の固相成長をさせないと、基板 1001 の歪み点を超えてしまうために、それ以上の温度ではできない。

【0102】また、本出願人による特開平 6-232059、特開平 6-244103、特開平 6-244104 に記載された発明を用いることで、600℃ 以下で固相成長させることが可能であり、歪み点が小さい基板 1001 を用いる場合などは、有効である。

【0103】アイランド 1003 の上に、ゲート絶縁膜 1004 を成膜する。ゲート絶縁膜 1004 としては、プラズマ CVD 法、スパッタ法、熱拡散法などによって酸化珪素膜、窒化珪素膜、酸化窒化珪素膜などを単層あるいは多層に形成する。厚さ的には、200~2000 Å 程度である。本実施例では、正珪酸四エチルと酸素を用いて電子サイクロトロン共鳴（いわゆる ECR）を利用したプラズマ CVD にて 200~2000 Å、典型的には 500~1200 Å を成膜して図 10（B）になる。

【0104】その上に、ゲート電極 1007 を形成するが、このゲート電極 1007 の材料としては、アルミニウム、クロム、チタン、タンタルなどの金属やドーブドシリコンあるいはノンドープのシリコンをもちいてあとからイオン注入などでドーブするものなどがある。成膜方法としては、スパッタ法、プラズマ CVD 法、減圧熱 CVD 法などを用いる。

【0105】このゲート電極 1007 を形成するためのスパッタ法に本発明を用いた。スパッタ装置の中で、ターゲットから基板 1001 を見たときに、基板 1001 の裏側に反射磁界発生装置を取り付けて、ターゲットから基板 1001 に衝突してくる正イオンを弾くような磁界を、反射磁界発生装置にて発生させながらゲート電極 1007 の材料を成膜する。反射磁界発生装置から発生する磁界は、基板 1001 上にて、200~5000 Oe（エルステッド）になるようにし、典型的には 500~2000 Oe で行った。比較のために、反射磁界発生装置を使用しないで、成膜したものも作製した。

【0106】ターゲットとしては、Al に 0.1~2 wt % の Sc を混合させたものを用いて、アルミニウム膜を 5000~12000 Å、典型的には 8000 Å の厚さに成膜する。なお、Al に 0.1~2 wt % の Sc を混合したのは、後の工程での、アルミのヒロック発生を防止するためである。Sc の他にも、Y などの 3A 族の金属や、Pd、Si などと混合させてもよい。

【0107】その後、フォトリソグラフィ技術とエッチング技術を用いて所望の形にパターニングしてゲート電極 1007 を作製した。エッチングは、Cl<sub>2</sub>、BCl<sub>3</sub>、SiCl<sub>4</sub> の 3 元系のガスを混合したドライエッチングによって行った。

【0108】その後、ゲート電極 1007 をマスクとして、燐を  $5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$  になるようにスルードープして、ソース・ドレイン 1005 を形成し、スルードープによってアモルファス化した部分を再結晶化するために 400~800℃ にて加熱して図 10（C）になる。スルードープは、質量分離をともしないイオン注入方式でも、質量分離をともしないプラズマドーピング方式でもどちらでもかまわない。

【0109】そして、層間絶縁膜 1008 を CVD 法にて成膜して、ゲート取り出し電極 1009、ソース・ドレイン取り出し電極 1010 を形成する。ここで、ゲート取り出し電極 1009、ソース・ドレイン取り出し電極 1010 は、スパッタ法による金属膜の作製を行うために、本発明を用いた。

【0110】ゲート取り出し電極 1009、ソース・ドレイン取り出し電極 1010 の材料として、クロム、アルミ、チタン、タンタルなどがあるが本実施例では、タンタルを成膜した。ターゲットから基板 1001 を見たときに、基板 1001 の裏側に反射磁界発生装置を取り付けて、ターゲットから基板 1001 に衝突してくる正

イオンを弾くような磁界を、反射磁界発生装置にて発生させながらタンタルをスパッタ成膜した。反射磁界発生装置から発生する磁界は、基板 1001 上にて、200 ~ 5000 Oe (エルステッド) になるようにし、典型的には 500 ~ 2000 Oe で行った。比較のために、反射磁界発生装置を使用しないで成膜したものも作製した。

【0111】本実施例では、TFT を  $640 \times 480 \times 3$  の 921, 600 個の素子を作製した。反射磁界発生装置を用いないで成膜した場合の TFT の特性は、動作しなかった TFT が 0.1%,  $V_{th}$  のバラツキが最大最小で 0.5V であった。それに対して、反射磁界発生装置を用いて成膜した場合の TFT の特性は、動作しなかった TFT が 0.007%,  $V_{th}$  のバラツキが最大最小で 0.2V であった。特に、反射磁界発生装置を用いないで作製した TFT が動作しなかった原因は、殆どが短絡によるものであった。

【0112】〔実施例 4〕図 10 に示した実施例 4 の中で、特にゲート電極 1007 の材料を成膜する際に、通常は、カソード電流  $0.02 \text{ A/cm}^2$  でカソード電圧 500V つまり  $10 \text{ W/cm}^2$  で行うが、正イオンを反射磁界発生装置にて弾く以外に、中性の高エネルギーの原子分子の影響を取り除くために本発明を用いた。ゲート電極 1007 の材料、本実施例ではターゲットとして、Al に 0.1 ~ 2 wt % の Sc を混合させたものを用いる。

【0113】方法 1 として、電力制御でスパッタ収量を制御する。最初の 100 ~ 1000 Å を成膜する際に、ターゲットへの投入電力を半分以下、本実施例では  $5 \text{ W/cm}^2$  で成膜することでスパッタ収量を小さくし、その後  $10 \text{ W/cm}^2$  に戻して残りを成膜した。この場合、カソード電圧 400V で、カソード電流が  $0.013 \text{ A/cm}^2$  であった。スパッタ収量を小さくして成膜する範囲は、我々の実験では最低 100 Å は必要であり、100 Å 未満では殆ど本発明の効果がみられなかった。また条件によるが、どのような条件でもほぼ 1000 Å 成膜したあとではスパッタ収量を大きくしても問題は少なかった。

【0114】無論、カソード電圧、カソード電流、カソード印加電力は、その時の成膜条件等で異なるものであるが、ゲート電極 1007 を成膜するときのみ、成膜初期の電力を下げて成膜したものである。

【0115】方法 2 としては、成膜初期の 100 ~ 1000 Å の成膜時に、カソード電力は一定にして、カソード電圧を下げて、スパッタ収量を小さくした成膜をおこなう。本実施例ではカソード電力を  $10 \text{ W/cm}^2$  で一定にして、カソード電圧を 450 ~ 350 に下げて、その分カソード電流を大きくして成膜した。カソード電圧 300V 以下ではスパッタ放電しなかったために、安全をみて 450 ~ 350V のカソード電圧にしたが、放電

がするのであればさらに低いカソード電圧にすることも可能である。スパッタ収量を小さくして成膜する範囲は、我々の実験では最低 100 Å は必要であり、100 Å 未満では殆ど本発明の効果がみられなかった。また条件によるがどのような条件でもほぼ 1000 Å 成膜したあとではスパッタ収量を大きくしても問題は少なかった。

【0116】本実施例では、実施例 3 とも比較できるように TFT を  $640 \times 480 \times 3$  の 921, 600 個の素子を作製した。実施例 3 での反射磁界発生装置を用いてゲート電極 1007 の成膜時に初期成膜も含めてカソード電圧 500V、カソード電流  $0.02 \text{ A/cm}^2$  で成膜した場合の TFT の特性は、動作しなかった TFT が 0.007%,  $V_{th}$  のバラツキが最大最小で 0.2V であった。方法 1 によって成膜した場合の TFT の特性は、動作しなかった TFT が、0.008%,  $V_{th}$  のバラツキが最大最小で 0.1V であった。方法 2 によって成膜した場合の TFT の特性は、動作しなかった TFT が、0.007%,  $V_{th}$  のバラツキが最大最小で 0.1V であった。

【0117】ゲート電極のように、特性に重要な役割をする材料をスパッタにて成膜する場合は、反射磁界発生装置を用いるとともに、成膜の初期の方法にて、スパッタ収量を小さくして、中性分子原子の衝突をも防止することは、大きな効果がある。特に、カソード電力を一定にして、カソード電圧を下げることでスパッタ収量を小さくすることは、成膜速度もあまり減少させることなく成膜できるように産業効率も高い。

【0118】

【発明の効果】本発明を用いることで、スパッタ中のスパッタガスがイオン化した正イオンや、ターゲット材料がスパッタされて飛び出したスパッタ材料の中性原子や分子が正イオンあるいは負イオン化したもの、またはスパッタガス以外の反応のガスがイオン化した正イオンあるいは負イオンが、被膜形成面に到達することを減少させて、正イオンによるダメージを低減できる。また、そのスパッタ方法を実現できる装置を提供している。さらに、スパッタされて飛び出したスパッタ材料の中性の原子や分子のうちでも高エネルギーをもって被膜形成面に衝突して、被膜形成面にダメージを与えるような場合に、初期のスパッタ成膜中のスパッタ収量を小さくすることでそのダメージを低減できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の原理的なことを示した図。

【図 2】 本発明の模式図の断面と平面図。

【図 3】 本発明の実施例。

【図 4】 本発明の実施例。

【図 5】 本発明の実施例。

【図 6】 本発明の実施例。

【図 7】 本発明の実施例。

【図 8】 本発明の実施例。

【図 9】 本発明を用いた装置の実施例。

【図 10】 本発明を用いて作製した薄膜半導体装置の工程の断面図。

【図 11】 本発明を用いた装置の実施例。

【符号の説明】

900 反応室

901 基板

902 ターゲット

903 プッシャー

904 ホルダー

905 ヒータ

906 真空ポンプ

907 制御弁

908 直流電源

909 マグネットシステム

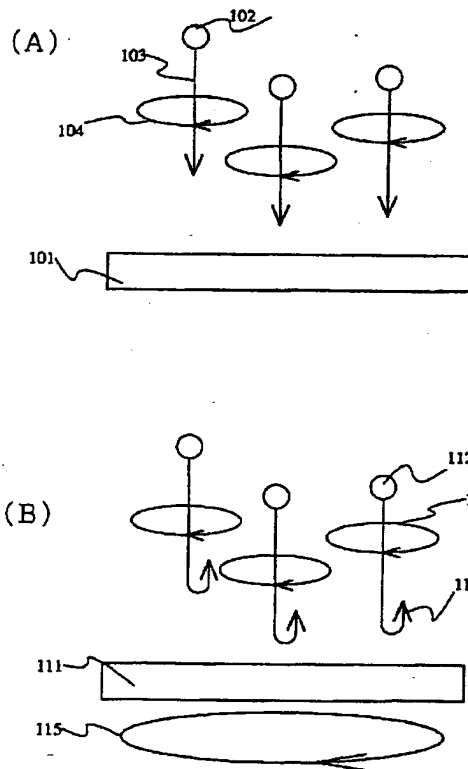
910 冷却装置

911 インシュレータ

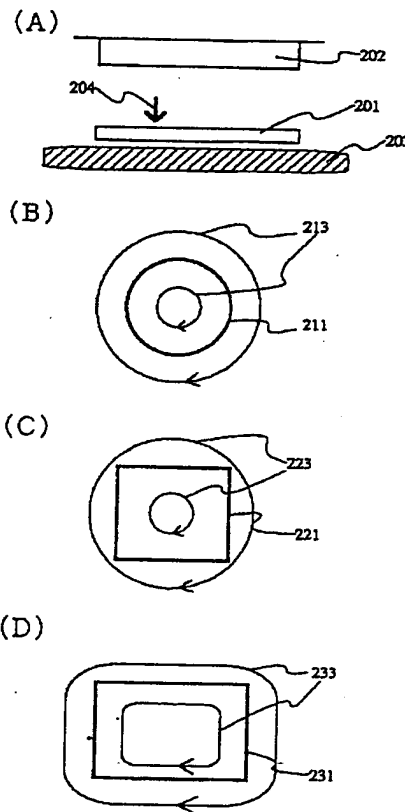
912 反射磁界発生装置

10 913 スパッタガス

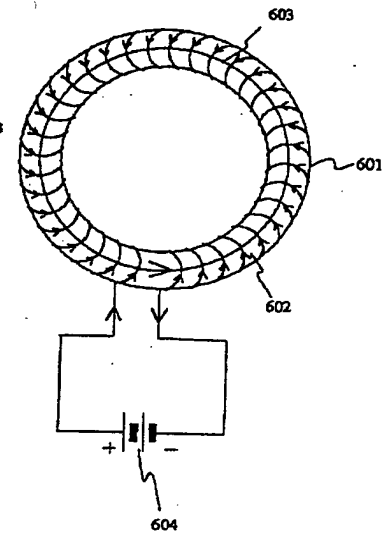
【図 1】



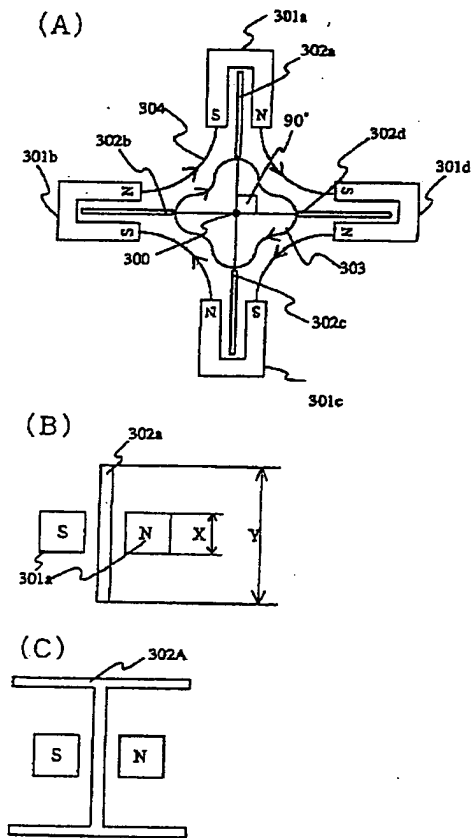
【図 2】



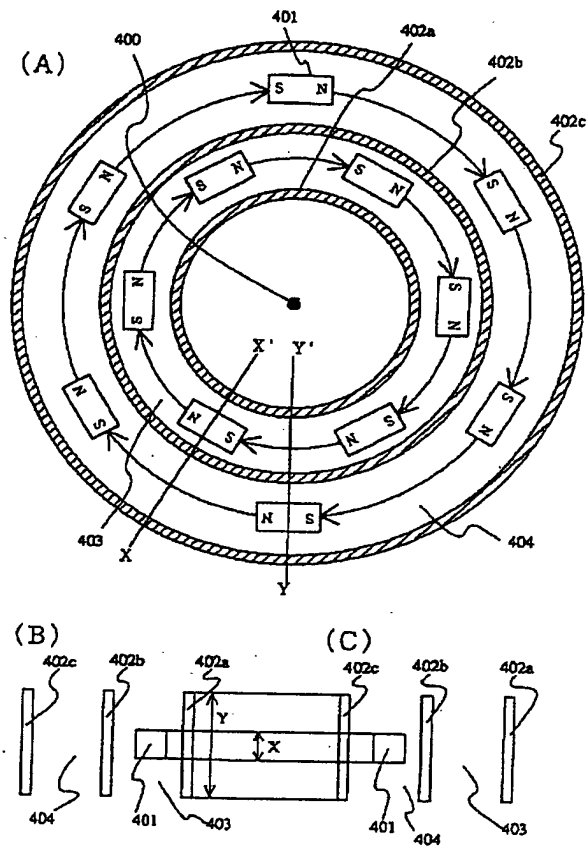
【図 6】



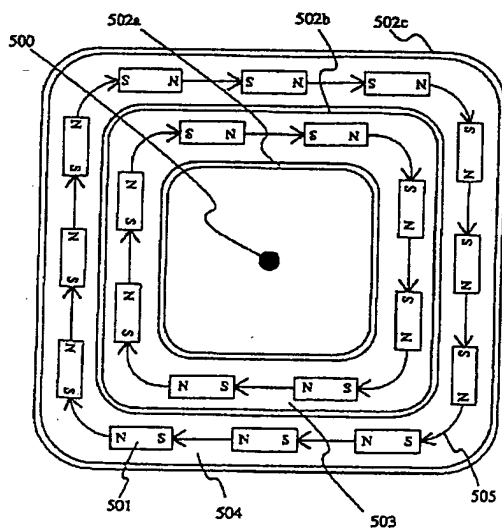
【図 3】



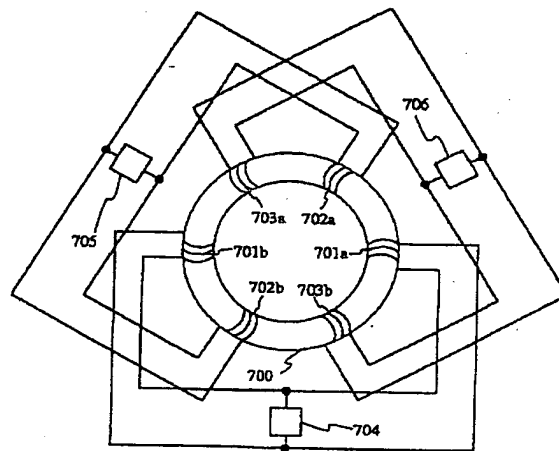
【図 4】



【図 5】

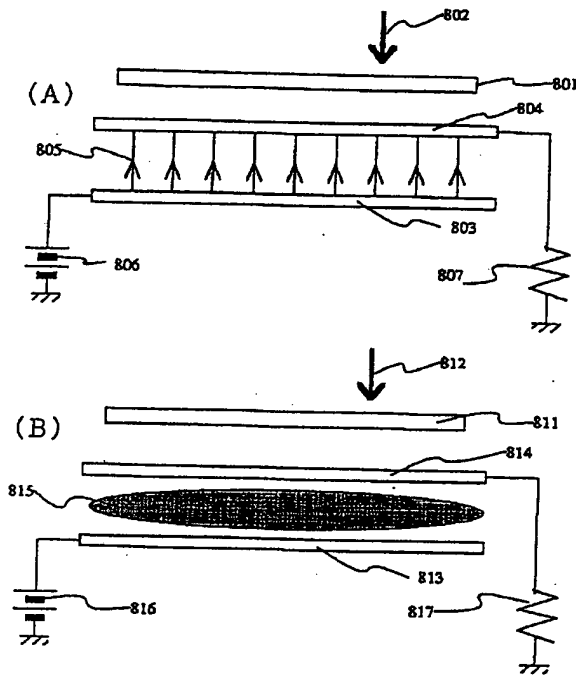


【図 7】

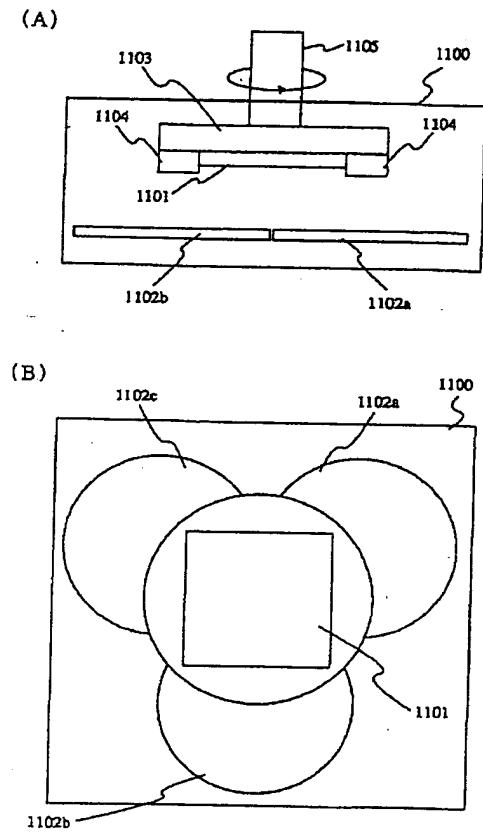




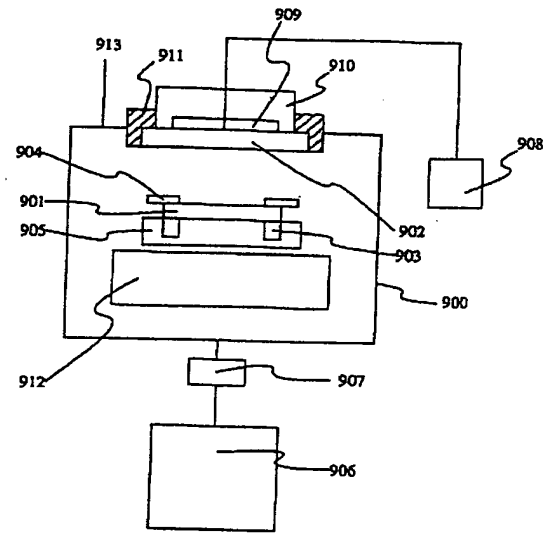
【図 8】



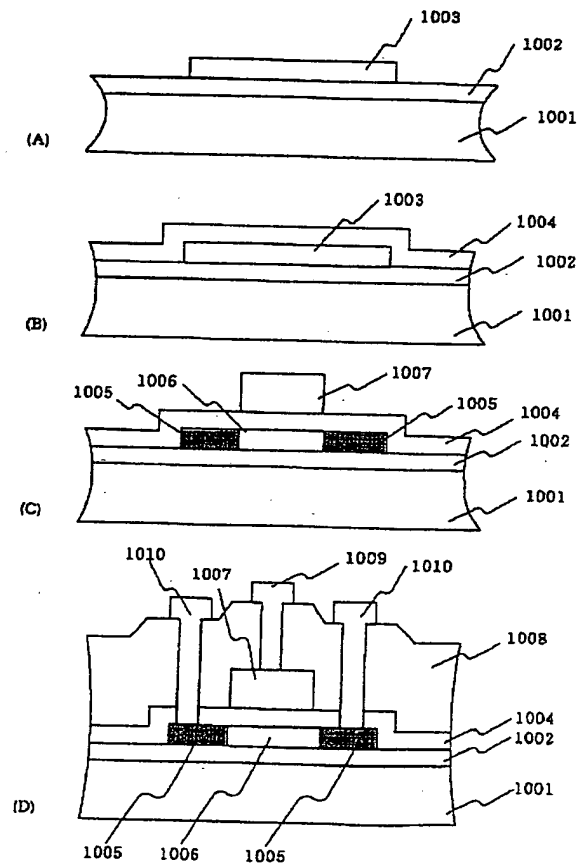
【図 11】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>  
21/3065

識別記号

庁内整理番号

F I

21/302

技術表示箇所

C